

氮磷钾肥料配施对松玉 419 产量及其构成因素的影响

伍舒悦, 吕小飞, 李文莹, 崔正果, 王呈琰, 王洪预, 李秋祝*, 崔金虎*
(吉林大学植物科学学院, 长春 130062)

摘要:以松玉 419 为试验材料, 通过氮、磷、钾肥料量级田间试验, 建立不同肥料施用量与玉米产量关系, 获得玉米最佳施肥量以及最高理论产量, 并通过对产量及其构成因子之间的相关分析, 进一步确定各产量构成因素对产量的影响, 为制定春玉米高产施肥策略提供参考。结果表明: 公顷施纯氮 202 kg、 P_2O_5 97.5 kg、 K_2O 58 kg, 产量最高为 12 243 kg/hm²。黑土区玉米连作下松玉 419 施肥原则为稳氮、增磷、减钾。

关键词:松玉 419; 肥料; 子粒产量; 产量构成因素

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)06-0031-05

Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Application on Yield and Yield Components of Songyu 419

WU Shuyue, LYU Xiaofei, LI Wenying, CUI Zhengguo, WANG Chengyan, WANG Hongyu, LI Qiuzhu*, CUI Jinhu*
(College of Plant Science, Jilin University, Changchun 130062, China)

Abstract: Songyu 419 was used as materials and a field experiment was carried out to study effects of nitrogen, phosphorus and potassium application on grain yield and yield components of spring maize. Relationship was established between levels of fertilizer and grain yield and the maximum theoretical yield was obtained. The correlation analysis between the grain and yield components defined the effects of them on yield. The results proved that yield of maize was highest, 12 243 kg/ha, under the conditions of pure nitrogen 202 kg/ha, P_2O_5 97.5 kg/ha, K_2O 58 kg/ha. Based on the results, we proposed the method of fertilizer application, i.e. keeping application amount of nitrogen stable, increasing phosphorus amount and reducing potassium amount under continuous cropping of maize in black soil area and we hope that the results could provide reference for the development of high yield of spring maize fertilization strategy.

Key words: Songyu 419; Fertilizer; Grain yield; Yield components

春玉米是我国重要的粮食作物之一, 具有较大的增产潜力。春玉米高产、稳产、高效和环境友好是吉林省乃至国家粮食安全和农业可持续发展的关键。在春玉米生产中, 品种^[1]、施肥量^[2-3]、种植密度^[4-6]、土壤条件^[7]、气候条件^[8-9]和栽培水平等均影响其产量, 其中品种是决定因素, 是高产的基础, 而不同品种喜肥性不同, 对养分需求有一定差异, 合理施肥能提高产量, 根据不同品种合理施肥是实现春玉米高产稳产的重要措施之一。

吉林省地处我国东北平原中心地带, 是典型的黑土地地区, 土壤肥力较高。春玉米在全省粮食生产中占有十分重要的地位。吉林省春玉米常年种植面积在 280 万 hm² 左右, 约占吉林省粮食播种面积的 65% 左右, 春玉米总产量在 2 500 万 t 左右, 占吉林省粮食总产的 70% 左右^[10], 因此春玉米生产是全省粮食生产的重中之重。

目前在吉林省黑土区, 一次性过量施用化肥现象普遍, 而在高密度种植条件下, 根据品种合理施肥尤为重要。本研究以松玉 419 为试验材料, 田间通过氮、磷、钾肥料量级试验, 建立不同肥料施用量与玉米产量模型, 获得玉米最佳施肥量以及最高理论产量, 并通过对产量及其构成因子之间的相关分析, 进一步确定各产量构成因素对产量的影响情况, 为制定春玉米高产施肥策略

收稿日期: 2016-08-24

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20130303032NY)

作者简介: 伍舒悦(1994-), 女, 在读硕士, 作物栽培学与耕作学专业。

通讯作者: 李秋祝, 女, 博士, 副教授, E-mail: liqz@jlu.edu.cn

崔金虎, 男, 博士, 教授, E-mail: cuijinhu@163.com

提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

松玉 419, 2012 年通过吉林省农作物品种审定, 审定编号: 吉审玉 2012013, 选育单位: 吉林省松花江种业有限公司, 推广区域为吉林省玉米中熟区。

1.2 试验地概况

田间试验在吉林大学农业实验基地试验田进行。土壤类型为黑土, 土壤有机质 23.8 g/kg, 速效氮 78.4 mg/kg, 速效磷 15.1 mg/kg, 速效钾 85.4 mg/kg, pH7.8, 前茬作物为玉米。

1.3 试验设计

随机区组设计, 重复 3 次, 肥料量级试验处理见表 1。氮肥量级试验中, 磷钾肥用量分别为 92 kg/hm² 和 90 kg/hm²; 磷肥量级试验中, 氮钾肥用量分别为 210 kg/hm² 和 90 kg/hm²; 钾肥量级试验中, 氮磷肥用量分别为 210 kg/hm² 和 92 kg/hm²。

基肥施用量每公顷纯氮 59 kg, 播种时与种子同时入土, 各处理其余氮肥均作为追肥于拔节前结合中耕施入, 全部磷钾肥均作为底肥于播种时一次性施入。各小区行长为 10 m、每区种植 10 行, 小区面积为 65 m², 四周设保护区。成熟后全区收获测产。

表 1 氮、磷、钾肥量级试验肥料处理

	kg/hm ²											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	150	180	210	240	210	210	210	210	210	210	210	210
P ₂ O ₅	92	92	92	92	46	69	92	138	92	92	92	92
K ₂ O	90	90	90	90	90	90	90	90	30	60	90	120

1.4 田间管理

所有试验区按照 70 000 株/hm² 密度进行机械播种, 播种机为吉林康达农机公司生产的 2BMZF-2 型播种机。2014 年 4 月 26 日播种, 4 月 27 日镇压; 4 月 29 日喷洒封闭除草剂, 6 月 21 日追肥, 10 月 3 日收获, 其他管理同一般大田生产。

1.5 测定项目

在成熟期测定小区收获株数; 每个小区全区手工收获果穗, 称重, 测定小区收获穗数; 选取小区中间一行连续取 10 株, 收获果穗, 装于尼龙网袋中风干, 作为穗部性状的考察样本。穗部性状主要考察穗长、秃尖长度、穗粒数、百粒重。果穗风干后用小型脱粒机脱粒, 称重, 测定实收产量, 用谷物水分测定仪 (LDS-1G 型, 上海青浦绿洲有限公司) 测定子粒含水量, 每处理重复 3 次, 取平均值。小区实收产量计算为标准含水量 (14%) 下的产量, 计算公式为: 小区实收产量 = 小区果穗总鲜重 × (10 穗子粒风干重 / 10 穗果穗鲜重) × (1 - 测

定平均含水率%) / (1 - 14%)。

1.6 数据分析

采用 SAS 8.0 和 Excel 2013 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥量级试验

由图 1 可知, 随氮肥施用量增加, 产量呈现先

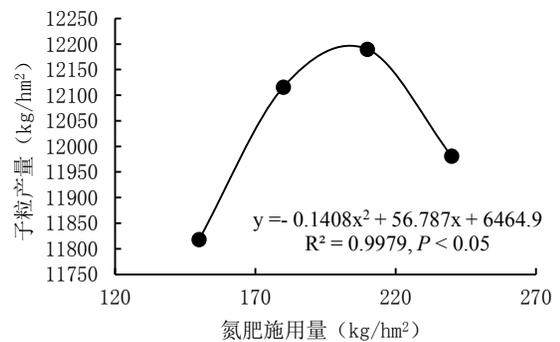


图 1 氮肥施用量与松玉 419 产量关系

表 2 氮肥施用量对松玉 419 产量性状的影响

氮肥施用量 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	穗长 (cm)	秃尖长 (cm)	穗粒数 (粒)	百粒重 (g)
150	11 818 ab	19.00c	1.22b	820 a	28.81b
180	12 116 a	20.16b	1.27b	812 a	31.00a
210	12 190 a	20.82a	1.17b	835 a	32.66a
240	11 981 ab	20.93a	1.65a	847 a	31.78a
变异系数 (%)	1.36	4.37	16.55	1.88	5.3

注: 小写字母不同表示不同施氮量的差异显著性 (P < 0.05), 下同

增加后降低趋势,但各处理间无显著差异。氮肥(N)施用量与产量的关系为二次曲线方程(图1),可知松玉419在施氮量为201.66 kg/hm²时,产量最高,可达12 991 kg/hm²。

不同施氮量下,玉米产量构成因素见表2,通过产量与产量构成因素之间的相关分析(表3)表明:产量和穗长、穗粒数、百粒重性状呈正相关,与秃尖长呈负相关。因此可以通过提高穗长、穗粒数和百粒重的途径来提高产量,但主要是提高子粒的百粒重。所以,可以采取适当增加氮肥施用量来发挥品种松玉419的高产潜能。

表3 不同氮肥量级下松玉419产量性状间的相关分析

	产量	穗长	秃尖长	穗粒数
穗长	0.24			
秃尖长	-0.11	0.11		
穗粒数	0.10	0.36	-0.06	
百粒重	0.42	0.91	-0.03	0.39

2.2 磷肥量级试验

松玉419在不同磷肥施用量下,产量结果如图2所示,46 kg/hm²施磷量处理显著低于69 kg/hm²处理,并呈现先增加后降低趋势。磷肥施用量与松

玉419产量的关系为二次曲线方程(图2),可知松玉419在每公顷施P₂O₅ 97.49 kg时产量最高,可达13 947 kg/hm²。

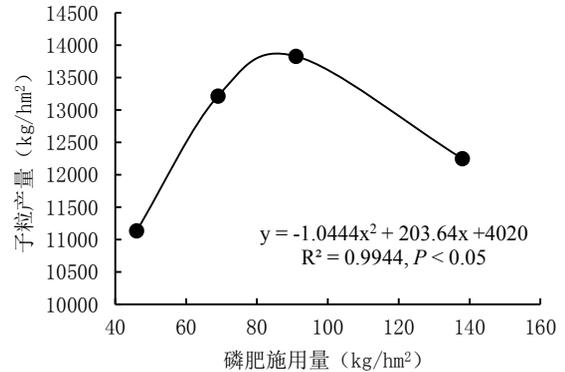


图2 磷肥施用量与松玉419产量关系

不同施磷量下,玉米产量构成因素见表4,通过产量性状间的相关分析(表5)表明,松玉419产量和穗长、穗粒数、百粒重呈正相关,相关系数大小依次为:穗长>穗粒数>百粒重;而产量和玉米果穗秃尖长呈负相关。说明可以通过适当增加磷肥施用量来提高穗长、穗粒数和百粒重,进而提高松玉419产量。

表4 磷肥施用量对松玉419产量性状的影响

P ₂ O ₅ 施用量(kg/hm ²)	产量(kg/hm ²)	穗长(cm)	秃尖长(cm)	穗粒数(粒)	百粒重(g)
46	11 134 b	18.47c	1.75a	704b	29.19b
69	13 215 a	21.67a	0.97b	863a	34.69a
92	13 828 a	20.87ab	1.13b	814a	32.00ab
138	12 248 ab	19.81bc	1.53ab	826a	32.32ab
变异系数(%)	9.34	6.85	26.74	8.55	7.03

表5 不同磷肥量级下松玉419产量性状间的相关分析

	产量	穗长	秃尖长	穗粒数
穗长	0.86			
秃尖长	-0.54	-0.57		
穗粒数	0.67	0.71	-0.26	
百粒重	0.55	0.82	-0.55	0.68

2.3 钾肥量级试验

不同钾肥施用量下,产量结果见图3,钾肥施用量与松玉419产量的关系为二次曲线方程(图3),可知松玉419在施K₂O量为57.65 kg/hm²时产量最高,可达12 512 kg/hm²。

不同施钾量下,玉米产量构成因素见表6,通过产量性状间的相关分析(表7)表明,在一定范围内,钾肥施用量与玉米果穗穗长、穗粒数和百

粒重呈正相关,与玉米果穗秃尖长呈负相关。钾肥对松玉419产量构成因素影响大小依次是:百粒重>穗长>穗粒数,因此适当增施钾肥可以增加玉米百粒重,进而增加产量。

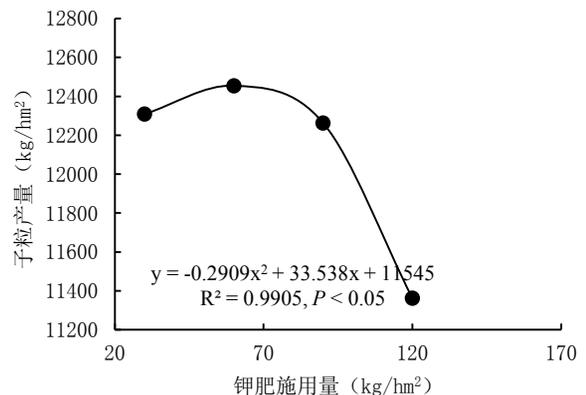


图3 钾肥施用量与松玉419产量关系

表6 钾肥施用量对松玉419产量性状的影响

K ₂ O施用量(kg/hm ²)	产量(kg/hm ²)	穗长(cm)	秃尖长(cm)	穗粒数(粒)	百粒重(g)
30	12 308 a	20.70a	0.97a	803ab	32.92a
60	12 454 a	20.72a	1.26a	813ab	32.88a
90	12 263 a	20.95a	1.23a	845a	31.99a
120	11 362 a	18.46b	1.68a	722b	28.48b
变异系数(%)	4.11	5.80	23.09	6.55	6.65

表7 不同钾肥量级下松玉419产量性状间的相关分析

	产量	穗长	秃尖长	穗粒数
穗长	0.59			
秃尖长	-0.79	-0.64		
穗粒数	0.51	0.89	-0.49	
百粒重	0.71	0.81	-0.71	0.71

2.4 松玉419最佳经济施肥量分析

作物经济效益是收入(产量×价格)减去成本(本文主要指肥料费用)所剩的余额。氮磷钾肥料投入成本与产出效益之间的拟合关系分别为: $y = -0.1971x^2 + 74.066x + 7948$ ($R^2=0.9979$)、 $y = -1.4622x^2 + 280.1x + 3843.8$ ($R^2=0.9941$) 和 $y = -$

$0.4073x^2 + 39.81x + 14562$ ($R^2=0.9947$)。表8为施肥对松玉419经济效益的影响。

由肥料量级试验产量结果(图1、图2、图3)可知,松玉419产量最高和经济效益最高时氮磷钾肥料施用量(表9),提出松玉419NPK肥料施用原则:

平均产量在12 234 kg/hm²(本试验中各处理平均产量在12 243 kg/hm²)时,松玉419化学肥料施用原则为:稳氮:纯氮由目前的200 kg/hm²稳定到202 kg/hm²,通过提高粒重来提高产量;增磷:P₂O₅由目前的75 kg/hm²增加到98 kg/hm²,通过提高穗长和穗粒数来提高产量;减钾:K₂O由目前的90 kg/hm²减少到58 kg/hm²,通过同步提高粒重、穗长和穗粒数来提高产量。

表8 施肥对松玉419经济效益的影响

处理代号	平均产量(kg/hm ²)	产值(元/hm ²)	肥料成本(元/hm ²)	增加效益(元/hm ²)
N1	11 818	16 545	1 918	14 627
N2	12 116	16 962	2 081	14 881
N3	12 190	17 066	2 244	14 822
N4	11 981	16 773	2 407	14 366
P1	11 134	15 588	2 014	13 574
P2	13 215	18 501	2 129	16 372
P3	13 828	19 360	2 244	17 116
P4	12 248	17 147	2 474	14 673
K1	12 308	17 231	1 816	15 416
K2	12 454	17 435	2 030	15 405
K3	12 263	17 169	2 244	14 925
K4	11 362	15 907	2 458	13 448

注:价格,玉米1.40元/kg、尿素2.5元/kg、磷酸二铵3.2元/kg、氯化钾2.5元/kg,效益中去除农机、种子、农药、人工和其他一些费用

表9 松玉419产量最高和经济效益最高时化学肥料施用量和比例

	肥料种类(kg/hm ²)			比例
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
产量最高	202	97.5	57.7	3.5:1.69:1
效益最高	188	95.8	48.9	3.8:1.96:1

3 讨论

施肥量是影响春玉米产量的主要因素之一,合理施肥能显著提高玉米子粒产量^[11]。本试验中松玉419产量对施肥总量的响应差异达到显著水平,在吉林黑土区高密度种植条件下松玉419产量随施肥量的增加呈现先增加后降低的趋势。表

明该玉米品种在东北黑土区能达到高产水平,但过量施肥不仅没有明显的增产效果,反而使产量降低,这与鲁艳红^[12],Cui^[13]等研究结果一致,因此在春玉米生产中应根据玉米品种养分吸收特性和需肥规律进行合理施肥以提高产量。

前人研究表明,在高产水平下,影响产量的主要因素是协调穗数、粒数和千粒重^[14-15]。本试验中,随施肥量增加,松玉419穗粒数、穗长呈增加趋势。玉米穗部性状优劣是影响玉米单株产量的主要因素,单株产量决定玉米群体产量水平,因此玉米穗部性状较优的处理,产量也比较高。施肥量对玉米品种的百粒重有显著影响,百粒重的大小反映玉米子粒的饱满程度,在其他产量构成因素差异不显著的情况下百粒重越重玉米产量越高,表明施肥量主要通过增加玉米百粒重来提高玉米产量。

在本试验中,产量构成要素随着施肥量的增加而增加,表明施肥能影响玉米的产量构成要素从而间接影响玉米的产量水平。但是超过该品种的最佳施肥量后子粒产量增长不显著,且投入产出比减小,这与黄光和等^[16]研究结果一致。

4 结 论

公顷施纯氮 202 kg、 P_2O_5 97.5 kg、 K_2O 58 kg,松玉419可获得最高产量,为 12 243 kg/hm²。提出松玉419施肥原则为稳氮、增磷、减钾。

参考文献:

- [1] 吕 硕,杨晓光,赵 锦,等.气候变化和品种更替对东北地区春玉米产量潜力的影响[J].农业工程学报,2013,29(18):179-190.
- [2] 高洪军,彭 畅,张秀芝,等.长期不同施肥对东北黑土区玉米产量稳定性的影响[J].中国农业科学,2015,48(23):4790-4799.
- [3] 王宏庭,王 斌,赵萍萍,等.种植方式、密度、施肥量对玉米产量和肥料利用率的影响[J].玉米科学,2009,17(5):104-107.
- [4] 王志刚,高聚林,张宝林,等.内蒙古平原灌区高产春玉米(15 t/hm²以上)产量性能及增产途径[J].作物学报,2012,38(7):1318-1327.
- [5] 杨锦忠,张洪生,杜金哲.玉米产量-密度关系年代演化趋势的Meta分析[J].作物学报,2013,39(3):515-519.
- [6] 丰 光,李妍妍,景希强,等.玉米不同种植密度对主要农艺性状和产量的影响[J].玉米科学,2011,19(1):109-111.
- [7] 侯 鹏,陈新平,崔振岭,等.4种典型土壤上玉米产量潜力的实现程度及其因素分析[J].中国生态农业学报,2012,20(7):874-881.
- [8] 陈 群,耿 婷,侯雯嘉,等.20年东北气候变暖对春玉米生长发育及产量的影响[J].中国农业科学,2014,47(10):1904-1916.
- [9] 李 辉,姚凤梅,张佳华,等.东北地区玉米气候产量变化及其对气候变化的敏感性分析[J].中国农业气象,2014,35(4):423-428.
- [10] 中国农业年鉴,中华人民共和国农业部官网:<http://www.moa.gov.cn/zwillm/nyj/nynj/>.
- [11] 奚振邦.关于化肥对作物产量贡献的评估问题[J].磷肥与复肥,2004,19(3):68-71.
- [12] 鲁艳红,廖育林,周 兴,等.长期不同施肥对红壤性水稻土产量及基础地力的影响[J].土壤学报,2015,52(3):129-138.
- [13] Cui Zhenling, Chen Xinping, Li Junliang, et al. Effect of N fertilization on grain yield of winter wheat and apparent N losses[J]. Pedosphere, 2006, 16(6): 806-812.
- [14] 方向前,边少锋,孟祥盟,等.不同株型玉米单产达12 000 kg产量构成的研究[J].吉林农业科学,2005,30(6):13-14,44.
- [15] 慈晓科,郝玉波,张吉旺,等.不同产量水平的玉米自交系农艺性状分析[J].玉米科学,2010,18(3):25-30,36.
- [16] 黄光和,赵 辉,高祥扩,等.不同施肥处理对高油玉米产量性状影响的灰色关联度分析[J].西南农业学报,2014,27(1):179-182.

(责任编辑:范杰英)